свойства ОФ имели место и в обобщенном случае, необходимо, чтобы $\alpha(t)$ была функцией Карлемана [2], т.е. обладала свойством $\alpha(\alpha(t)) \equiv t$.

Лемма. Пусть $A(t), t \in I \subset R$ – дифференцируемая скалярная функция, для которой $\dot{A}(t) \neq 0, A(t_0) = 0, t_0 \in I$. Тогда соотношение $A(\alpha(t)) + A(t) = 0$ задает в некоторой окрестности точки t_0 дифференцируемую функцию Карлемана $\alpha(t)$ с неподвижной точкой t_0.

Теорема. Пусть $\alpha(t)$ есть дифференцируемая функция Карлемана; $Q(t)$ – дифференцируемая скалярная функция, для которой $Q(t) \neq 0, t \in I$; $R(t,x)$ – произвольная непрерывно дифференцируемая вектор-функция. Тогда обобщенная отражающая функция дифференциальной системы

$$\dot{x} = -\frac{1}{2}\frac{Q(\alpha(t))}{Q(t)}\left(\frac{Q(t)}{Q(\alpha(t))}\right)'_t x + \frac{Q(\alpha(t))}{Q(t)} R(t,x) + \dot{\alpha}(t) R(\alpha(t), \frac{Q(t)}{Q(\alpha(t))})$$

задается формулой

$$F(t,x) = \frac{Q(t)}{Q(\alpha(t))} x .$$

Литература. 1. Мироненко В.И. Отражающая функция и периодические решения дифференциальных уравнений. – Минск: изд-во “Университетское”, 1986. –75с. **2.** Przeworska-Rolewicz D. Equations with transformed argument: An algebraic approach. Warszawa. PWN, 1973.

В.А.Головко, Ю.В.Савицкий, Н.Е.Фоменкова, А.Лаппо (Беларусь, г. Брест)

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

В работе рассматривается применение рекуррентной сети для прогнозирования временных и хаотических процессов. Для моделирования аттракторов использовалось отображение Энона.

Многослойная нейронная сеть с двумя или более слоями способна аппроксимировать любую непрерывную функцию. Это является основой для использования нейронных сетей в прогнозировании. Прогнозирующие свойства нейронной сети можно использовать для идентификации поведения нелинейных динамических систем, например, для построения странных аттракторов.

Это базируется на теореме Такенса, который показал, что можно восстановить некоторые свойства аттрактора в фазовом пространстве используя временную последовательность только одной составляющей. Для построения аттракторов можно использовать метод псевдофазового пространства. Он заключается в том, что можно восстановить топологию аттрактора исходя из наблюдения сигнала X(t) и выбирая в качестве системы координат X(t) и X(t+τ). Таким образом, если спрогнозировать при помощи нейронной сети сигнал X(t), то на основе этих данных можно построить фазовую траекторию системы.

В качестве архитектуры сети для прогнозирования и построения аттракторов используется рекуррентная сеть Джордана, состоящая из одного выходного линейного нейронного элемента, скрытого слоя нелинейных элементов с сигмоидальными активационными функциями и входного распределительного слоя. Для обучения рекуррентной сети используется быстрый алгоритм обратного распространения ошибки с адаптивным шагом, позволяющий значительно улучшить параметры процесса обучения. При помощи рекуррентной сети в процессе обучения формируется нелинейная прогнозная модель, способная после обучения пролонгировать сигнал X(t) на необходимый период упреждения. Отображая полученные значения X(t) на псевдофазовую плоскость, можно идентифицировать поведение динамической системы. В работе приводятся результаты вычислительных экспериментов, демонстрирующих как высокую эффективность предложенного метода адаптивного обучения, так и потенциальные возможности нейронных сетей для решения практических задач идентификации и прогнозирования поведения сложных нелинейных сетей. Рассматривается построение аттрактора Энона при помощи рекуррентной нейронной сети.

В.Н.Горбузов (Беларусь, г. Гродно)

ИНТЕГРАЛЫ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ В ПОЛНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛАХ

Задача построения первых интегралов и последних множителей по частным интегралам решается в классе полиномиальных систем уравнений в полных дифференциалах

$$dx = P(t,x)\,dt,\ \ x \in \mathbf{R}^n,\ \ t \in \mathbf{R}^m, \qquad \text{(CD)}$$

в зависимости от степеней полиномов-элементов матрицы P с голоморфными по t коэффициентами. Известны исследования по решению этой задачи для обыкновенных дифференциальных систем. Постановка принадлежит Г.Дарбу, активно решалась в разные временные промежутки